بسم الله الرحمن الرحيم

دانشگاه آزاد اسلامی

واحد شاهرود

دانشکده فنی و مهندسی

پایان نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد ((M.Sc.))

گرایش: بیوتکنولوژی

عنوان:

حذف کروم از آب بوسیله اضافه کردن نانوذرات اکسید آهن به زیست توده‌های جلبکی

استاد راهنما:

دکتر صاحبعلی منافی

استاد مشاور:

دکتر علی اصغر روحانی

نگارنده:

صادق شکرائی

پاییز ۱۳۹۱

تقدیم به

تقدیم به ساحت مقدس شمس الشموس آقام علی ابن موسی الرضا (ع).

سپاس‌گزاری

بدینوسلیه تقدیر و تشکر فراوان از کمک‌های تمامی کسانی که در جمع‌آوری این تحقیق به اینجانب کمک کردند دارم، همچنین از صبر، تحمل و کمک‌های بی دریغ خانواده عزیزم بسیار تشکر می‌نمایم.

چکیده

امروزه استفاده از نانومواد مختلف از قبیل نانوذرات اکسید آهن و دیگر نانوذرات، برای حذف فلزات سنگین گوناگون از آب روز به روز در حال گسترش است. دلیل این امر نیز مزایای فراوان این روش و معایب کمتر آن نسبت به دیگر روش‌های متداول برای این منظور می‌باشد، همچنین جاذب‌های زیستی دارای پتانسیل‌ها و مزایای بسیار بزرگی برای استفاده در حذف فلزات سنگین از محیط‌های آبی هستند، بنابراین در این پژوهش این دو روش برای حذف فلز سنگین کروم از آب استفاده شدند. در قسمت اول پژوهش تاثیر افزودن نانوذرات اکسید آهن (γ - Fe_2O_3) بر راندمان فیلترهای خاک تولید شده برای جذب کروم مورد بررسی قرار گرفت، برای این منظور خاک معمولی و سپس مخلوط خاک معمولی با نانوذرات اکسید آهن و چند جاذب گیاهی برای حذف کروم استفاده شد. محلول مورد بررسی در این فاز از آزمایش‌ها حاوی سه غلظت متفاوت از کروم بود، نتایج اندازه‌گیری غلظت با دستگاه ICPنشان داد که جاذب خاک نانوذرات آهن و چند جاذب گیاهی برای پالایش آب بهترین جاذب است، همچنین در این مرحله با محلول غلظت ppm ۸۸۳۷ بهترین محلول برای حذف کروم از آب بود از سوی دیگر در تمامی آزمایش‌هایی که نانوذرات مورد استفاده قرار گرفتند کروم Cr^{6+} به کروم Cr^{3+} تبدیل گردید. در ادامه برای بدست آوردن زمان بهینه و تاثیر افزودن جلبک و بدست آوردن دیگر فاکتورهای بهینه در فرآیند حذف در زمان‌های ۱۵، ۴۵، ۹۰، ۱۵۰ دقیقه و یک روز از محلول با غلظت ppm ۸۰ که حاوی مقدار مشخصی از جاذب بود و بوسیله همزنی با سرعت ۱۲۰ دور در دقیقه همزده می‌شد، نمونه برداری شد، نتایج نشان داد دوره یک روزه از دیگر زمان‌ها برای نمونه برداری بهتر است و در این نمونه بیشترین درصد حذف بدست آمد. برای بدست آوردن دور همزن بهینه در این پژوهش دو دسته آزمایش مورد استفاده قرار گرفتند. گروه اول آزمایش‌ها در سرعت همزن ۱۲۰ دور در دقیقه مورد بررسی قرار گرفت. همچنین در دسته دیگر از آزمایش‌ها فرآیند حذف کروم بدون استفاده از همزن مورد بررسی قرار گرفت که نتایج نشان دادند فرآیند بدون همزن از فرآیند دارای همزن با سرعت ۱۲۰ دور در دقیقه بهتر بود، سپس با تغییر مقدار جاذب استفاده شده در آزمایش سعی شد مقدار جاذب بهینه برای جذب بدست آید برای این منظور سه مقدار یا غلظت متفاوت از جاذب در آب استفاده شد و نتایج نشان داد که افزایش مقدار جاذب موجب افزایش درصد حذف خواهد شد.

فهرست مطالب

عنوان
صفحه

چکیده..... ۱

مقدمه ۲

فصل اول: کلیات

۱-۱- اهمیت تصفیه آب..... ۵

۱-۲- آب آشامیدنی و استانداردهای آن..... ۵

۱-۳- نانوذرات و کاربردهای آنها..... ۷

۱-۴- استفاده از نانوذرات برای حذف فلزات سنگین از آب..... ۹

۱-۵- نانوذرات اکسید آهن ۱۱

۱-۶- میکروارگانیزم‌ها و کاربردهای آنها..... ۱۲

۱-۷- استفاده از میکروارگانیزم‌ها برای حذف فلزات سنگین از آب..... ۱۳

۱-۸- مراحل کلی در حذف مواد آلوده کننده از آب بوسیله میکروارگانیزم‌ها..... ۱۵

۱-۸-۱- انتخاب توده زیستی..... ۱۵

۱-۸-۲- پیش پالایش توده زیستی..... ۱۶

۱-۸-۳- غیره متحرک سازی توده زیستی..... ۱۸

۱-۸-۴- گرانول بندی..... ۲۰

۱-۸-۵- گرانول‌ها در محلول قرار داده می‌شوند..... ۲۱

۱-۸-۶- دفع فلزات سنگین، باز استفاده از جاذب بیولوژیکی و فلزات سنگین جذب شده توسط آنها..... ۲۱

۱-۹- بهینه کردن پارامترهای تاثیر گذار در میزان حذف..... ۲۲

۱-۱۰- تعریف فلزات سنگین، کاربردها، تاثیرات و انواع آنها، خواص، تاثیرات و کاربردهای کروم..... ۲۹

۱-۱۱- خواص، کاربردها و تاثیرات کروم..... ۳۰

۱-۱۲- اهمیت جداسازی فلزات سنگین از آب ۳۱
۱-۱۳- بررسی روش‌های حذف فلزات سنگین ۳۲
۱-۱۳-۱- روش جذب ۳۲
۱-۱۳-۲- روش ترسیب شیمیائی ۳۳
۱-۱۳-۳- روش تبادل یونی ۳۴
۱-۱۳-۴- تکنولوژی غشائی ۳۴
۱-۱۳-۵- تصفیه الکترو شیمیائی ۳۵
۱-۱۴- بررسی جوانب مختلف روش حذف کروم با نانوذرات و میکروارگانیزم-ها ۳۶

فصل دوم: روش انجام آزمایش‌ها

۲-۱- مواد تشکیل دهنده جاذب ۳۹
۲-۲- روش تولید نانوذرات اکسید آهن ۳۹
۲-۳- تولید جاذب زیستی ۴۱
۲-۴- انجام آزمایش‌ها ۴۳
۲-۴-۱- انجام آزمایش‌های اولیه برای آشنائی با شرایط ۴۳
۲-۴-۱-۱- روش محلول سازی ۴۳
۲-۴-۱-۲- انجام آزمایش‌های اولیه ۴۴
۲-۴-۲- بهینه کردن زمان جذب ۴۷
۲-۴-۳- بررسی تاثیر دور همزن بر میزان حذف ۴۸
۲-۴-۴- بهینه کردن مقدار جاذب ۴۹

فصل سوم: نتایج و بحث

۳-۱- نتایج مرحله آزمایش‌های اولیه..... ۵۲
۳-۲- بحث و نتیجه‌گیری در مورد نتایج مرحله آزمایش‌های اولیه..... ۵۲
۳-۳- نتایج مرحله بهینه کردن زمان..... ۶۲
۳-۴- بحث و نتیجه‌گیری در مورد نتایج مرحله بهینه کردن زمان..... ۶۳
۳-۵- نتایج مرحله بهینه کردن دور همزن..... ۷۱
۳-۶- بحث و نتیجه‌گیری در مورد نتایج مرحله بهینه کردن دور همزن..... ۷۲
۳-۷- نتایج مرحله بهینه کردن میزان جاذب..... ۷۳
۳-۸- بحث و نتیجه‌گیری در مورد نتایج مرحله بهینه کردن مقدار جاذب..... ۷۴

فصل چهارم: نتیجه گیری و پیشنهادات

۴-۱- نتیجه‌گیری..... ۸۱
۴-۲- پیشنهادات..... ۸۳
۴-۳- منابع..... ۸۶
۴-۴- چکیده انگلیسی..... ۹۴

فهرست شکل‌ها

عنوان شکل صفحه

شکل ۱-۱: رنگ تولید شده با فن‌آوری نانو که پس از تصادف شدید هنوز سالم است..... ۹

شکل ۱-۲: مراحل کلی در فرآیند حذف فلزات سنگین با میکروارگانیزم‌ها..... ۱۴

شکل۱-۳:تصویر میکروسکوپ الکترونی ازسطح میکروارگانیزم ساکارومایسس سرویسیه قبل ازپیش پالایش الکلی....۱۷

شکل۱-۴:تصویر میکروسکوپ الکترونی ازسطح میکروارگانیزم ساکارومایسس سرویسیه پس ازپیش پالایش الکلی....۱۷

شکل ۱-۵: میزان جذب یون‌های کادمیوم بر حسب زمان تماس با غلظت‌های متفاوت بیومسpH معادل ۵ و غلظت کادمیوم برابر ۱۹ میلی گرم در لیتر..... ۲۳

شکل ۱-۶: میزان جذب یون‌های کادمیوم بر حسب زمان تماس در pH متفاوت و غلظت ثابت کادمیوم ۱۹ میلی گرم در لیتر و غلظت بیومس ثابت ۳/۸ گرم در لیتر..... ۲۳

شکل ۱-۷: میزان جذب یون‌های کادمیوم بر حسب زمان تماس با غلظت‌های متفاوت کادمیوم، pH معادل ۵ و غلظت بیومس معادل ۳/۸ گرم در لیتر ۲۴

شکل ۱-۸: تغیرات q در اثر تغییر مقدار بیومس ساکارومایسس سرویسیه..... ۲۵

شکل ۱-۹: تغییرات q در اثر تغییر مقدار pH محلول..... ۲۶

شکل ۱-۱۰: تغییرات مقدار q در اثر تغییر غلظت فلز کادمیوم..... ۲۶

شکل ۲-۱: دیاگرام روش تولید نانوذرات اکسید آهن به روش رسوبدهی شیمیائی..... ۳۹

شکل ۲-۲: تصاویر TEM از نانوذرات مگ‌همایت مورد استفاده..... ۴۰

شکل ۲-۳: نموار توزیع دانه‌بندی نانوذرات مگ‌همایت مورد استفاده..... ۴۰

شکل ۲-۴: نتایج آنالیز FTIR پودر تولید شد..... ۴۱

شکل ۲-۵: تصویر جلبک مورد استفاده در آزمایش..... ۴۲

شکل ۲-۶: جاذب جلبکی خشک و خرد شده..... ۴۲

شکل ۲-۷: عکس‌هایی از فیلتر استفاده شده، الف: فیلتر در حالت در بسته و ب: فیلتر در حالت در باز..... ۴۶

شکل ۲-۸: مراحل اصلی کار در فرآیند مورد استفاده ۵۰

شکل ۳-۱: درصد جذب کروم در فیلتر مخلوط خاک و نانوذرات اکسید آهن..... ۵۶
شکل ۳-۲: تاثیر غلظت کروم بر حذف کروم شش توسط دو نوع جاذب زیستی..... ۵۸
شکل ۳-۳ :نتایج مرحله بهینه کردن زمان..... ۶۳
شکل ۳-۴: نتایج بهینه کردن زمان حذف در پژوهش اسدی و همکاران..... ۶۶
شکل ۳-۵: نتایج بهینه کردن زمان حذف در پژوهش رحمانی و همکارانش..... ۶۷
شکل ۳-۶: نتایج مرحله بهینه کردن زمان در پژوهش رحمانی و همکاران..... ۶۸
شکل ۳-۷: نتایج مرحله بهینه کردن زمان در پژوهش رحمانی و همکاران..... ۶۸
شکل ۳-۸: نتایج مرحله بهینه کردن زمان در پژوهش دباغ و همکاران..... ۶۹
شکل ۳-۹: نتایج بدست آمده در مرحله بهینه کردن زمان توسط درویش فراش و همکاران..... ۷۰
شکل ۳-۱۰: نتایج مرحله بهینه کردن تعداد دور همزن..... ۷۲
شکل ۳-۱۱: نتایج مرحله بهینه کردن مقدار جاذب..... ۷۴
شکل ۳-۱۲: نتایج بررسی تاثیر تغییر مقدار جاذب بر میزان حذف آرسنات در کار رحمانی و همکاران..... ۷۵
شکل ۳-۱۳: نتایج بررسی تاثیر تغییر مقدار جاذب بر میزان حذف آرسنیت در کار رحمانی و همکاران..... ۷۵
شکل ۳-۱۴:نتایج مرحله بهینه کردن مقدار جاذب در پژوهش درویش فراش و همکاران..... ۷۷
شکل ۳-۱۵: نتایج مرحله بهینه کردن مقدار جاذب در پژوهش ملکوتیان و همکاران..... ۷۸

فهرست جداول

عنوان جدول صفحه

جدول ۱-۱: تاریخچه‌ای از روند تدوین استانداردهای آب آشامیدنی..... ۶

ادامه جدول ۱-۱: ۷

جدول ۱-۲: مثال‌هائی محدود از کاربردهای نانومواد در صنایع مختلف..... ۸

جدول ۱-۳: فرآیندهای که در آنها از نانومواد برای حذف مواد آلاینده مختلف استفاده می-شود..... ۱۰

جدول ۱-۴: فرآیندهای که در آنها از میکروارگانیزم‌ها برای حذف مواد مختلف آلوده کننده آب استفاده می‌شود..... ۲۷

جدول ۱-۵: فرآیندهای که در آنها از جلبک‌ها برای حذف مواد مختلف آلوده کننده آب استفاده می-شود..... ۲۸

جدول ۱-۶: غلظت‌های مجاز فلزات سنگین مختلف در محیط‌های مختلف..... ۳۱

جدول ۱-۷: غلظت‌های مجاز کروم به ترتیب در EPA، WHO و استاندارد ملی ایران بر حسب میلی گرم در لیتر..... ۳۱

جدول ۱-۸: مجموعه‌ای از روش‌های متفاوت بکار گرفته شده برای حذف فلزات سنگین..... ۳۳

جدول ۲-۱: مشخصات دی کرومات پتاسیم..... ۴۴

جدول ۳-۱: نتایج غلظت نمونه‌های مورد بررسی با دستگاه ICP..... ۵۲

جدول۳-۲:تعدادی ازپژوهش‌های انجام شده درزمینه جذب که باافزایش غلظت فلزمیزان جذب فلز افزایش یافته..... ۵۷

جدول ۳-۳: مقایسه مقدار R روش‌های مختلف حذف کروم..... ۶۰

جدول ۳-۴: نتایج بررسی غلظت نمونه‌های مرحله بهینه کردن زمان بوسیله دستگاه ICP ۶۲

جدول ۳-۵: نتایج بررسی غلظت‌ها توسط دستگاه ICP در مرحله بهینه کردن میزان جاذب..... ۷۳

مقدمه

مسئله تامین آب شیرین سالم در جهان امروز به دلایل مختلفی مثل خشکسالی‌های پی در پی، رشد بیش از حد جمعیت انسانی، آلوده شدن منابع آبی بوسیله مواد مختلف شیمیائی و پاره‌ای از دیگر عوامل به یکی از مهم‌ترین مسائل جامعه انسانی تبدیل شده است و به همین دلیل باید از طریق روش‌های مختلف سعی شود تا آب‌های آلوده شده را به روش‌های مختلف تصفیه کرد و آنها را دوباره مورد استفاده قرار داد. اما برای تصفیه منابع آبی باید سعی شود تا از میان مواد و روش‌های مختلف بهترین ماده و روش که بیشترین مزایا و کمترین معایب را دارد انتخاب کرد زیرا هر ماده جاذب و روش حذف دارای مزایا و معایب خاص خود است که استفاده از آنها را دچار محدودیت‌ها و مزیت‌های مختص خود می‌کند برای مثال ممکن است روش مورد استفاده برای حذف فلز سنگین روشی گران قیمت باشد که موجب غیره اقتصادی کردن آن برای استفاده در حذف شود و یا برای انجام آن روش نیاز به تجهیزات پیشرفته و حساس با تکنولوژی بالا باشد که آن تجهیزات در دسترس نباشند از سوی دیگر ممکن است ماده مورد استفاده برای حذف به مقدار مورد نیاز در دسترس نباشد و توان تولید و تامین آن محدود باشد و نتوان از آن در سطح وسیعی برای تصفیه استفاده کرد و پاره‌ای از دیگر موارد که باید در انتخاب روش و ماده مورد استفاده برای حذف مد نظر قرار گیرند. یک گروه از مواد بسیار جدیدی که استفاده از آنها با هدف تصفیه پساب‌های مختلف روز به روز در حال گسترش است انواع نانوذرات مختلف می‌باشند، نانومواد دارای مزایای متعددی می‌باشند از جمله اینکه این مواد دارای سطح در دسترس زیادی در مقایسه با مواد معمولی هستند و به ازاء اشغال یک حجم کم مقدار سطح در دسترس زیادی در اختیار مصرف کننده قرار می‌دهند. نانوذرات اکسید آهن علاوه بر این مزایا دارای مزیت-های خاص دیگری می‌باشند از جمله مزایای این نانوذرات ارزان قیمت بودن آنها می‌باشد همچنین این مواد فاقد اثرات سوء بر سلامت انسان هستند و از سوی دیگر نانوذرات اکسید آهن دارای خاصیت مغناطیسی هستند که باعث سهولت استفاده از آنها در مرحله آماده سازی، استفاده و پس از استفاده می-شود، این عوامل موجب ایجاد امکان بالقوه استفاده از این مواد برای حذف مواد آلوده کننده مختلف از آب می‌شود. دسته دیگر جاذب‌هائی که توجه زیادی را بخود جلب کرده‌اند انواع میکروارگانیسم‌ها هستندکه شامل جلبک‌ها، قارچ‌ها و باکتری‌ها هستند از میان این میکروارگانیسم‌ها قارچ‌ها و جلبک‌ها دارای استفاده بیشتر و راحت‌تری هستند. دلایل استفاده روز افزون از میکروارگانیسم‌ها مواردی همچون ارزان قیمت بودن بیشتر آنها، بی‌خطر بودن بیشتر انواع آنها برای سلامت انسان، رشد سریع آنها در زمانی کوتاه، دارا بودن گروه‌های عاملی مختلف بطور همزمان که قادرند بشکل همزمان با انواع مختلفی از مواد آلوده کننده واکنش داده و آنها را حذف کنند و بعضی از دیگر مزایا است. یکر از

خطرناک‌ترین مواد آلوده کننده آب‌ها فلزات سنگین گوناگون هستند این مواد قادرند از طریق بدن جذب شده و موجب ایجاد عوارض مختلف خطرناکی شوند همچنین این مواد از طریق فاضلاب انواع صنایع روز به روز در حال ورود روز افزون‌تر و بیشتر به منابع آبی سطحی و زیر سطحی هستند و با توجه به اینکه این مواد با گذشت زمان حذف نمی‌شوند و حتی به مرور زمان به ترکیبات سمی‌تری تبدیل می‌شوند پس باید سعی شود تا حتما آنها را با روش‌های گوناگون از آب حذف کرد.

فصل اول

مروری بر منابع مطالعاتی

۱-۱) اهمیت تصفیه آب

بیشتر سطح زمین را آب پوشانده است و پایداری اکوسیستم‌های مختلف زمین ارتباط بسیار تنگاتنگی با این ماده دارد. اما قسمت اعظم این آب‌ها، آب‌های شور هستند که در دریاها و اقیانوس‌ها ذخیره شده‌اند و برای انسان و دیگر موجودات غیره قابل آشامیدن می‌باشند و تنها درصد اندکی از آب‌های موجود در زمین (حدود سه درصد) آب‌های شیرین هستند، البته باید توجه کرد که تمام این آب‌های شیرین نیز قابل استفاده برای موجودات نمی‌باشند زیرا بخشی از این آب‌ها در زیر زمین و دور از دسترس انسان و بسیاری از دیگر موجودات زنده قرار دارند همچنین از سوی دیگر بخشی از آب‌های شیرین در دسترس نیز توسط منابع مختلف آلوده کننده آب، آلوده شده‌اند و مصرف آنها باعث ایجاد انواع بیماری در موجودات زنده می‌شود. پس مسئله تامین آب شیرین سالم و تصفیه آب‌های آلوده شده امروزه اهمیت بسیار زیادی پیدا کرده است.

۱-۲) آب آشامیدنی و استانداردهای آن

آب آشامیدنی آبی است که پس از رسیدن به دست مصرف کننده بتواند آنرا بدون ایجاد آثار سوء مورد استفاده برای آشامیدن، پخت و پز و شست و شو قرار دهد. پس برای دست یابی به آب سالم قابل شرب لازم است که آب از هر نوع ارگانیسم دارای قابلیت ایجاد بیماری و هر نوع ماده دیگر که دارای امکان ایجاد آثار سوء در مصرف کنندگان آب است اعم از مواد آلی و غیره آلی عاری باشد [۱]. برای آب آشامیدنی استانداردهای مختلفی از زمان‌های گذشته وجود داشته که خواص و ویژگی‌های مختلف آب شرب سالم را تشریح می‌کنند در این استانداردها به مواردی از قبیل حد استاندارد برای رنگ، بو، طعم، دما، ذرات موجود در آب از جمله مواد رادیواکتیو، میکروارگانیزم‌ها و دیگر خواص آب سالم برای آشامیدن اشاره شده است. در جدول ۱-۱ تاریخچه‌ای از روند تدوین استانداردهای آب آشامیدنی به شکل خلاصه آورده شده است.

جدول (۱-۱). تاریخچه‌ای از روند تدوین استانداردهای آب آشامیدنی [۱]

سال	استانداردهای وضع شده و اصلاحات به عمل آمده
۱۹۱۴	معرفی واژه حداکثر مجاز آلاینده به عنوان حد ایمنی، تصویب حد اکثر مجاز ۲ کلیفروم در ۱۰۰ میلی لیتر برای کیفیت باکتریائی آب
۱۹۲۵	۱- تقلیل در حد اکثر مجاز باکتری در آب به ۱ کلیفروم در ۱۰۰ میلی لیتر ۲- وضع استاندارد برای برخی از اجزاء فیزیکی و شیمیائی آب از قبیل سرب، مس، روی و مواد معدنی محلول
۱۹۴۲	۱- تجدید نظر کلی در استانداردهای ۱۹۲۵ ۲- لزوم نمونه برداری از چند نقطه سیستم توزیع برای آزمایش میکروبی ۳- تعیین حداقلی برای آزمایش میکروبی در ماه ۴- امکان بازدید بازرسین از آزمایشگاه‌های آب در ماه ۵- تعیین حداکثر مجاز برای سرب، سلینیوم، آرسنیک و فلوراید ۶- غیره مجاز اعلام کردن وجود نمک‌هاب باریم، کروم شش ظرفیتی و فلزات سنگین ۷- لزوم عدم تجاوز غلظت مس، آهن، منیزیم، ترکیبات فنلیک، جامدات کل و قلیائیت از حداکثر مجاز اعلام شده برای آنها در صورت وجود منابع سالم برای آنها.
۱۹۴۶	۱- تکمیل استاندارد سال ۱۹۴۲ ۲- مجاز اعلام کردن روش فیلتراسیون غشائی برای آزمایش باکتریائی آب
۱۹۶۲	۱- تعیین حداکثر مجاز برای الکیل بنزن سولفونات‌ها، باریم، کادمیوم، سیانید، نیترات، نقره و بررسی برای استاندارد مواد رادیو اکتیو
۱۹۷۴	۱- تصویب آب آشامیدنی سالم
۱۹۷۵	۱- تدوین استاندارد موقت
۱۹۷۹	۱- تدوین استاندارثانویه و تجدید نظر در استانداردهای موقت سال ۱۹۷۵
۱۹۸۶	۱- تجدید نظر کلی در قانون آب آشامیدنی سالم (موسوم به اصلاحیه سال ۱۹۸۶) شامل لزوم اجرای مقررات اولیه آب آشامیدنی در مورد سیستم‌های آب رسانی که حداقل ۲۵ نفر را آبرسانی می‌کنند یا حداقل ۱۵ مشترک دارند.

ادامه جدول (۱-۱). [۱]

سال	**استانداردهای وضع شده و اصلاحات به عمل آمده**
۱۹۸۶	۲- تعیین آلاینده‌هائی که به نوعی اثر سوء بر انسان دارند ۳- مشخص نمودن حداکثر مجاز برای آلاینده و روش تصفیه برای آلاینده‌هائی که به دلیل مشکلات فنی در حال حاضر امکان تشخیص غلظت آنها وجود ندارد ۴- تعریف مجدد واژه‌های حداکثر مجاز و حداکثر مطلوب ۵- لزوم وضع استاندارد و پایش مستمر برای ۸۳ آلاینده آب آشامیدنی ۶- معرفی کربن فعال به عنوان روشی برای حذف مواد آلی سنتتیک ولزوم مقایسه اثر و کارائی هر روش یا تکنولوژی پیشنهادی دیگر با آن.

۱-۳) نانوذرات و کاربردهای آنها

نانو از کلمه‌ای یونانی به معنای چیزی کوچکتر از حد طبیعی گرفته شده است [۲]. نانوذرات یکی از دسته‌های مهم نانومواد هستند. از تجمع چند ده یا چند صد اتم در کنار یکدیگر یک خوشه نانومتری تشکیل می‌شود و از به هم پیوستن چند خوشه نانومتری نانوذرات تشکیل می‌شوند، بیشتر محققین نانوذرات را ذراتی با اندازه ۱۰۰-۱ نانومتر در نظر می‌گیرند [۳]. این مواد دارای کاربردهای وسیع و متنوعی می‌باشند و امروزه در جهان کمتر صنعتی است که حداقل در یک قسمت از آن نانوذرات مختلف استفاده نشده باشد در جدول ۱-۲ تعدادبسیار محدودی از کاربردهای مواد نانو در صنایع مختلف آورده شده است.

جدول (۱-۲). مثال‌هائی محدود از کاربردهای نانومواد در صنایع مختلف

نام ماده نانو استفاده شده	صنعت	هدف از کاربرد ماده نانو	منبع
کربنات کلسیم	پلیمر	افزایش خاصیت کششی پلیمر	[۴]
رس	پلیمر	دیر سوز شونده‌تر	[۵]
نقره	تولید غذای دامی	تاثیر بهتر و بیشتر	[۶]
نقره	تولید رنگ	تولید رنگ ضد میکروبی	[۷]
نقره	تولید محصولات کشاورزی	تولید بیشتر و بهتر	[۸ و ۹]
اتیلن گلیکول-اکسید آلومینیوم	نفت وگاز	افزایش انتقال حرارت در مبدل‌ها	[۱۰]
زایکوسیل و رس	نجاری	تولید محصولات ضد آب	[۱۱]
اکسید تیتانیوم و نقره	بسته بندب	تولید بسته بندی ضد میکروب	[۱۲]
نقره	کشاورزی	جلوگیری از پوسیدگی محصولات	[۱۳]
اکسید روی	نساجی	تجزیه پسماند حاصل از صنعت نساجی	[۱۴]
رنگدانه	چرم	رنگ کردن با کیفیت بیشتر چرم	[۱۵]
دی اکسید تیتانیوم	نساجی	حفظ رنگ الیاف	[۱۶]
زئولیت	انبارداری	نگهداری طولانی‌تر مواد غذائی	[۱۷]
رس	پزشکی	تولید الیاف مورد نیاز در پزشکی	[۱۸]
سیلیکون	عایق کاری	تولید عایق‌های با خواص بهتر	[۱۹]
آهن	تصفیه آب	حذف مواد نیتروژن دار	[۲۰]

شکل (۱-۱). رنگ تولید شده با فن‌آوری نانو که پس از تصادف شدید هنوز سالم است [۲]

۱-۴) استفاده از نانوذرات برای حذف فلزات سنگین از آب

یکی دیگر از کاربردهای نانومواد که امروزه روز به روز در حال توسعه است استفاده از نانوذرات در تصفیه آب و فاضلاب می‌باشد [۲۰] در واقع در این مورد نانوذرات برای حذف انواع مواد آلاینده مضر موجود در آب مورد استفاده قرار می‌گیرند، مزیت عمده استفاده از نانومواد برای حذف مواد آلاینده شامل موارد متعددی می‌باشد مثل:

۱- سطح زیاد آنها در مقایسه با دیگر مواد مورد استفاده برای این کار است.

۲- همچنین این مواد در مقایسه با دیگر جاذب‌های بکار گرفته شده برای این هدف حجم کمتری نیز اشغال می‌کنند که این امر موجب می‌شود تا بتوان از آنها در مکان‌هائی که حجم در دسترس کم است به راحتی استفاده کرد.

۳- در پاره‌ای از موارد می‌توان این مواد را به راحتی بازیابی کرد و دیگر بار مورد استفاده قرار داد که این امر موجب می‌شود تا هم هزینه‌های مصرفی فرآیند به مراتب از دیگر فرآیندهای مشابه کمتر شود و هم ضایعات حاصل از فرآیند کمتر از دیگر فرآیندهای مشابه باشد یک نمونه از نانوذرات دارای این قابلیت نانوذرات اکسید آهن هستند این مواد به دلیل اینکه دارای خاصیت مغناطیسی هستند می‌توان با استفاده از میدان‌های مغناطیس آنها را بازیابی کرده و دوباره مورد استفاده قرار داد.

۴- یکی دیگر از فوائد نانو فیلتراسیون برای حذف آلاینده‌های مختلف آب کارائی بالا و سادگی استفاده از این روش برای تصفیه آب است [۲۱].

در جدول ۱-۳ مثال‌هایی از پارامترهای بهینه شده برای فرآیند حذف فلزات سنگین با نانوذرات آورده شده است.

جدول (۱-۳). فرآیندهای که در آنها از نانومواد برای حذف مواد آلاینده مختلف استفاده می‌شود

نام ماده نانو استفاده شده	ماده حذف شده	حداکثر درصد حذف	دمای فرآیند درجه سانتیگراد	pH بهینه	غلظت بهینه ماده آلوده کننده ppm	مقدار جاذب بهینه گرم در لیتر	زمان بهینه (زمان تعادل) دقیقه	فشار (بار)	منبع
پلی آمید	کلسیم و منیزیم	۶۹/۰۸ ۶۹/۰۹	۲۰ ۲۰	- -	۲۸۰ ۶۰	- -	- -	8 8	[۲۱]
آهن صفر ظرفیتی	ترکیبات نیتروژن دار	۹۸	۳۰	۷/۲	۲۰	-	۲	-	[۲۲]
رزین لیواتیت	فسفات	-	۲۰- تا ۴۰+	۱۱-۴	۶	۲	-	-	[۲۳]
اکسید نیکل	رنگ	-	-	۳	۲۵	۰/۶	-	-	[۲۴]
نانوذرات آهن صفر ظرفیتی	آرسنیک	۹۹	-	۷	-	۱	۱۰	-	[۲۵]
آهن	نیترات	۹۹/۱	-	۴	۵۰	۱۵	۶۰	-	[۲۰]

۱-۵) نانوذرات اکسید آهن

یکي از مهمترین اهداف متولیان و طرفداران محیط زیست، حذف مواد سمي و خطرناك از چرخه طبیعت با استفاده از روش‌های نوین با هزینه تمام شده کمتر و بازده هرچه بیشتر است که در این رابطه استفاده از فن آوری نانو خصوصاً استفاده از نانوذرات آهن به دلیل خواص و مزایای زیادی از قبیل غیره سمی بودن، هزینه‌های تولید نسبتاً مناسب، بازدهی نسبتاً بالای فرآیندی و پاره‌ای از دیگر مزایا روز به روز در حال گسترش است. مواد سمي معمولاً از اتم‌هایي تشکیل شده‌اند که خود به خود مضر نیستند، بلکه نحوه اتصال این اتم‌ها به یکدیگر مواد سمي را به وجود مي‌آورد. برخي مواد سمي، حاوي عناصر مضري از قبیل جیوه، سرب، آرسنیك و کادمیوم هستند. این عناصر معمولاً حین استخراج مواد معدني مختلف تولید مي‌شوند. با بهره‌گیري از دانش و فناوري نانو در فرآیند استخراج، می‌توان مانع از خروج این عناصر از محیط طبیعي آنها شد و از آثار سوء ناشی از آن جلوگیری کرد.